Untersuchungen

über den

Einfluss der Regenwürmer

auf die

Entwickelung der Pflanzen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

der

hohen philosophischen Facultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

ACAD.
LUGD.BAT
BIBL.

vorgelegt von

Méhmed Djémil
aus Constantinopel, Türkei.

Halle a. S.
1896.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548112_0153

Nachdem Darwin zuerst bei seinen epochemachenden biologischen Untersuchungen der verschiedensten Art auch die Lebensweise der Regenwürmer studiert hatte, und zu der Annahme gekommen war, daß dieselben für die Bildung der Ackerkrume von großem Einflusse seien, hat diese Frage seitdem verschiedene Forscher beschäftigt, die in ihren Arbeiten jedoch zu sehr abweichenden Resultaten gekommen sind. Infolgedessen ist diese Frage noch weit von der nöthigen Klarheit entfernt. In der vorliegenden Arbeit soll nun versucht werden, einen weiteren Beitrag zu ihrer Lösung zu liefern, indem die Lebensweise der Regenwürmer im Allgemeinen sowohl, als auch in Bezug auf ihren Einfluß auf die Ackerkrume durch Versuche eingehend studirt werden soll.

Der Fehler eines Theiles der früheren Arbeiten liegt im Gegensatze zu denen Darwin's darin, daß die Resultate nicht auf Grund von thatsächlichen Beobachtungen, sondern von theoretischen Erwägungen und Muthmaßungen gewonnen sind. In meiner Arbeit habe ich als den nach meiner Meinung allein richtigen Weg denjenigen Darwin's eingeschlagen und habe dabei hauptsächlich darnach gestrebt, für meine Beobachtungen den Regenwürmern möglichst natürliche Lebensbedingungen zu schaffen, um dadurch sichere Anhalte zu gewinnen zur Darstellung ihres Einflusses auf das Wachsthum der Pflanzen.

Wie bereits oben erwähnt, war es Charles Darwin, welcher die Aufmerksamkeit der Forscher auf die Regenwürmer hinlenkte. Leider ist seine Veröffentlichung, die im Jahre 1837 erschienen ist, damals vollständig unbeachtet geblieben. In diesem Werke über: „Bildung der Ackererde" hat er, gestützt auf sehr interessante Studien, die Beziehungen der Thätigkeit und Lebensweise dieser Würmer zu der Bildung der Ackererde nachgewiesen, wenn er auch vielleicht in manchen Beziehungen ihre Thätigkeit überschätzt hat. Die Forscher, welche nach Darwin sich mit dieser Frage beschäftigten und Untersuchungen darüber anstellten, stimmen denn auch mit ihm in manchen Punkten nicht überein, wie wir weiterhin näher sehen werden.

Darwin gelangt bei seinen Ausführungen zu dem Schluß, daß die Würmer einzig und allein die Bildner der vegetabilischen Erde seien, und eventuell selbst einen unfruchtbaren Boden fruchtbar zu machen vermöchten. — Die Humusbildung geschieht größtentheils durch die Zersetzung der pflanzlichen Bestandtheile, aber es ist nicht zu leugnen, daß die Würmer dazu ein Wesentliches beitragen, indem sie in ihre Röhren abgefallene Blätter, Laub u. s. w. theilweise hineinziehen und mit der von ihnen ausgeschiedenen, dem pankreatischen Safte ähnlichen Flüssigkeit bedecken und in dieser Weise die Pflanzenzellen leichter einer voll-

ständigeren Zersetzung zugänglich machen, als dieses sonst im Freien an der Erdoberfläche der Fall wäre. Die Regenwürmer nehmen aber auch diese absterbenden Pflanzentheile als Nahrung auf und durch die dabei sich ergebenden Ausscheidungen wird eine erhebliche Menge von Humus erzeugt.

Darwin hat seine Beobachtungen hinsichtlich der Lebensweise der Regenwürmer lediglich im Zimmer und in Blumentöpfen gemacht und es liegt die Möglichkeit nahe, daß gerade ein solches Verfahren die Regenwürmer vielleicht in gewissem Grade beeinflußt haben kann, ihre Lebensweise zu ändern, indem sie dadurch gezwungen worden sind, ihre Thätigkeit auf einen beschränkten Raum zu konzentriren und auszuüben. Damit erkläre ich mir, daß meine Erfahrungen über die Lebensweise der Regenwürmer, die ich während meiner Versuche machte, sei es im Freien, sei es in größeren Kulturgefäßen, mit Darwin in manchen Punkten nicht übereinstimmen; denn es ist kaum anzunehmen, daß die Regenwürmer, die in England vorkommen, anders verfahren, als es bei den hierorts vorkommenden der Fall ist.

Für die Existenz der Regenwürmer ist die Feuchtigkeit die erste Bedingung. Diese Thiere sind durch ihre Körperbildung darauf angewiesen, ihr Leben meist in der Erde zu verbringen und, da sie bei ihrer Respiration nur auf die Hautathmung angewiesen sind, und die Athmungsöffnungen nur in feuchtem Zustande funktioniren können, so bedürfen die Regenwürmer, um lebensfähig zu bleiben, eines gewissen Grades von Feuchtigkeit, aus welchem Grunde auch ein längeres Verweilen auf der Erdoberfläche, namentlich an warmen Sommertagen, bisweilen tödtlich wirken kann.

Ihr Auftreten zeigt sich, nach den Darwin'schen Angaben, durch die zahlreich auf der Erdoberfläche in Form von Exkrementen ausgeschiedene Erde. Am häufigsten kommen sie auf den Wiesen und besonders unter gepflasterten Höfen vor. Die Nahrung besteht hauptsächlich aus abgefallenen Blättern und anderen organischen Stoffen; nach Darwin sollen die Regenwürmer sogar verfaultes Fleisch, Papier und Leinewand aufnehmen; wo jedoch keine Nahrung vorhanden ist, da sind sie gezwungen sich mit Erde zu begnügen. Bei meinen Versuchen habe ich die Würmer in der Regel absichtlich nicht gefüttert, um zu sehen, wie sie sich den sich entwickelnden Pflanzen gegenüber verhalten würden. Bei der Ernte habe ich mich nun überzeugen müssen, daß allerdings einige Würmer zu Grunde gegangen waren. Es scheint mir aber aus verschiedenen Gründen dies nicht infolge von Mangel an pflanzlichem Futter geschehen zu sein, sondern es dürfte wahrscheinlich irgend eine andere Todesursache vorhanden gewesen sein.

Auch der Einwand, daß sie bei meinen Versuchen ausgeschlüpft sein könnten, ist ausgeschlossen, da die von mir getroffenen Vorrichtungen sie daran verhinderten. Außerdem hätte ich dann etwaige von ihnen hinterlassene Spuren auf der Oberfläche oder sonstige bezeichnende und charakteristische Merkmale bemerkt.

In einigen Töpfen, wo zufällig von den darin kultivirten Pflanzen einige Blätter (es waren Rapsblätter) abgefallen auf die Oberfläche zu liegen kamen, bemerkte ich, wie die Regenwürmer sich derselben bemächtigten und, indem sie dieselben zusammenrollten, sie theilweise in ihre Löcher hineinzogen.

Die von Darwin angeführten geistigen Eigenschaften der Regenwürmer habe ich leider nicht alle wahrnehmen können, es gelang mir nur bei einigen diesbezüglich ange-

stellten Versuchen zu dem Resultate zu gelangen, daß sie sich in dieser Beziehung sehr verschiedenartig verhalten, und daß keine allgemeinen Regeln darüber aufgestellt werden können. Um die Angaben Darwins über die geistige Eigenschaft der Würmer zu prüfen, habe ich in einem Topfe Papierdreiecke (nach Darwin) hineingelegt, nachdem ich die zur eventuellen Nahrung dienenden Rüben-, Raps- und Kohlblätter entfernt hatte. Jeden Morgen fand ich die Papierdreiecke in derselben Lage vor, wie am vorhergehenden resp. ersten Tage, sie waren weder mit dem pankreatischen Safte bedeckt, noch weniger aber in die betreffenden Löcher gezogen, oder an der Oberfläche verzehrt. Diese Gleichgültigkeit der Regenwürmer solchen Stoffen gegenüber kann vielleicht darin eine Erklärung finden, daß sie die Erde dem Papier vorziehen und in derselben die zu ihrer Existenz genügende Nahrung vorfinden. Nach zehn Tagen hatte ich einen eigenthümlichen Vorfall zu verzeichnen. Ich hatte mich überzeugt, daß die Würmer die einzelnen Papierdreiecke nicht berührt und angenagt hatten, als ich jedoch die Rüben- und Kohlblätter u. s. w. wieder hineingelegt hatte, da verzehrten die Regenwürmer in gewohnter Weise nicht blos die genannten Blätter allein, sondern die Papierdreiecke ebenfalls mit. Allerdings waren letztere während der Zeit weich und deshalb für die Würmer auch bedeutend leichter aufnehmbar geworden. Bei dem soeben erwähnten Vorgange habe ich beobachten können, daß die Würmer die Papierdreiecke in keiner bestimmten Regel, welche die geistige Thätigkeit verrathen könnte, angegriffen hatten, sondern im Gegentheil ganz willkürlich darin vorgegangen waren; z. B. statt die spitzen Ecken anzufassen und auf diese Weise die Papiere in die Löcher hineinzuziehen, verfuhren sie in ähnlicher Weise, wie es oben bei den Rapsblättern erwähnt wurde. Mithin ist ihnen ein Vorhandensein von besonderer Intelligenz wohl kaum zuzuschreiben. — Es ist von Darwin festgestellt, daß die Würmer ihre Nahrung an der Oberfläche des Bodens aufnehmen, und er giebt an, daß einige Würmer sogar des Nachts eine Entdeckungsreise nach Futter antreten. Nach meinen Beobachtungen glaube ich auch zur Annahme berechtigt zu sein, daß die Regenwürmer für gewöhnlich allerdings des Nachts ihre Nahrung auf der Bodenoberfläche aufnehmen, und sich sonst in ihre Röhren zurückziehen; aber daß sie auch zu anderer Tageszeit nagen oder an der Oberfläche des Bodens liegen, wenn ihre Umgebung dunkel gehalten wird, zeigt der nachstehende Versuch.

In einem Topfe, in welchem ich Regenwürmer fütterte, sah ich jeden Tag, daß dieselben während der Nachtzeit an die Oberfläche gekommen waren und die halbverwesten Blätter verzehrt hatten. Als ich dann den Topf zudeckte und dadurch für die Würmer einen dunkeln Raum schaffte, konnte ich, so oft ich nachsah, bemerken, daß dieselben fast alle auf der Oberfläche, sei es unter, sei es auf den einzelnen Blättern lagen, und sich mit Blitzesschnelle zurückzogen, wenn ich den Deckel lüftete. Dieser Vorgang wiederholte sich jeden Tag und zu jeder Zeit, solange ich den betreffenden Topf zugedeckt ließ. Nach ungefähr drei Wochen entfernte ich den Deckel für immer, und da hörten die Würmer auf, beständig an der Oberfläche zu verweilen und kamen von diesem Zeitpunkte ab wiederum wie früher nur noch des Nachts hervor. Dieses zeigt deutlich, wie empfindlich die Würmer gegen die Einwirkung des Lichtes sind. Wo sie aber durch Zufall einen dunkeln Ort vorfinden, wo sie genügende Feuchtigkeit und Nahrungsmittel antreffen, dort unterlassen sie es nicht, wie bereits geschildert worden ist, ununterbrochen auf der Oberfläche Aufenthalt zu nehmen.

Bevor ich in meiner Darlegung weitergehe, möchte ich noch einen Punkt einer näheren Beleuchtung unterziehen. Die Würmer, welche 3 Wochen lang im Dunkeln gehalten wurden und hauptsächlich pflanzliche Nahrung zur Verfügung hatten, zeigten in ihrem Darme stets Erde. Da ich die Würmer stets an der Oberfläche antraf, so kann ich annehmen, daß sie sich, solange der Deckel nicht abgenommen wurde, gar nicht in den Boden hinein zurückzogen. Der Boden war, um dies noch nachträglich zu erwähnen, ein humusreicher, grobkörniger Sandboden, so daß es den Thieren mit einer gewissen Leichtigkeit gelingen konnte, sich, ohne viel erdige Substanz zu verschlucken, in denselben hineinzubohren. Da nun die Würmer, obgleich ihnen soviel pflanzliche Nahrung zur Verfügung stand, dennoch immer Erde aufnahmen, so kann man auch zu der Ansicht gelangen, daß vielleicht die Erdaufnahme den Regenwürmern eine unbedingte Nothwendigkeit ist. Die Würmer, welche in den andern Töpfen zwecks Beobachtung ihrer Thätigkeit gehalten wurden und keine pflanzlichen Nahrungsmittel bekamen, lebten auch ausschließlich von der Erde. Auch hier ergab sich dasselbe Resultat; als ich nach Entfernung etwa vorhandener Blätter Papierdreiecke hineinlegte, wurden dieselben nicht von den Würmern berührt.

Was den zweiten Punkt anbetrifft, so kann ich an der Hand von eigenen Beobachtungen die Aussagen Darwins bestätigen. Ich habe nach großen Niederschlägen die Gelegenheit gehabt, — der Sommer 1894 war sehr reich an Regen — die Beobachtung zu machen, daß in den Parkanlagen sowohl, als auch in dem landwirthschaftlichen Instituts-garten zahlreiche, von Würmern herrührende Spuren sich zeigten, die darauf schließen ließen, daß die Würmer des Nachts wanderten. Es wurde jedoch bemerkt, daß nicht alle Regenwürmer diese gleiche Gewohnheit des nächtlichen Wanderns haben, sondern daß sich vielmehr diese Thatsache nur auf einige besondere Arten erstreckt.

Hensen behauptet in Thiel's landw. Jahrbüchern Jahrg. 1882 das Gegentheil und sagt, daß der Grund des nächtlichen Wanderns bei den Regenwürmern darin zu suchen sei daß sie von irgend einem Feinde gestört und gezwungen werden ihre Röhre momentan zu verlassen. Ich muß gestehen, daß ich vergebens, nachdem ich die von den Regenwürmern herstammenden Spuren beobachtet hatte, etwaige Maulwurfshaufen in der Nähe zu finden suchte.

Darwin sagt in seinen weiteren Ausführungen, daß diejenigen Regenwürmer, welche krank sind, nach der Oberfläche kommen und dort absterben. Ich bin in die Lage gekommen, oftmals solche Regenwürmer an der Erdoberfläche vorzufinden, von denen einige bereits todt waren, während einzelne sich noch halb am Leben befanden. Ob nun solche Regenwürmer dort im Stadium einer Krankheit dalagen, oder von irgend einem thierischen Feinde dorthin verschleppt waren, vermochte ich nicht festzustellen. Ich vermag zur Beleuchtung dieser Frage nur das anzugeben, daß in denjenigen Töpfen, wo sich frische Regenwürmer befanden, kein einziger an der Oberfläche starb, trotzdem, daß in jedem Topf, wie ich später konstatirte, mehr oder weniger Individuen fehlten. Ich fand auch bei der Ernte in den meisten großen Töpfen keine Spur von den etwa abgestorbenen Würmern. Hier können nun zwei Möglichkeiten vorhanden sein. Erstens, daß die zu Grunde gegangenen Würmer schon am Anfange der Versuche abgestorben sind, und daß während der ganzen Dauer der Vegetationszeit ihr Körper den Prozeß des gänzlichen Zerfalles durchgemacht hat; zweitens, daß sie durch gesunde, lebende

Regenwürmer verzehrt worden sind. Darwin stellt ja die Behauptung auf, daß die Regenwürmer abgestorbene Thiere, verfaultes Fleisch u. s. w. als Nahrung aufnehmen.

Im Monat Juni zeigte es sich, daß die Auswürfe der Regenwürmer an der Bodenoberfläche gar nicht mehr wahrnehmbar waren, mit einem Worte, die Regenwürmer hatten ihre Kothentleerung gänzlich eingestellt. Im ersten Augenblicke gelang es mir nicht eine passende und richtige Erklärung dafür zu finden. Trotzdem die Töpfe nach Bedarf beständig feucht gehalten wurden, war dennoch von den Exkrementen keine Spur vorhanden. Ich versuchte nun diesem Umstande entgegen zu wirken und eine Lösung der sich mir entgegenstellenden Frage zu erlangen dadurch, daß ich die Töpfe reichlich und gleichmäßig begoß. Die Folge hiervon war, daß ich am nächsten Tage bereits die an der Bodenoberfläche zahlreich ausgeworfenen Exkremente fand und zu dem berechtigten Schlusse gelangen konnte, daß die Regenwürmer lediglich in Folge von Trockenheit ihre Thätigkeit aufgegeben hatten. Die verhältnißmäßig dünne Schicht Erde, welche für das Gedeihen der Pflanzen und für ihren Wasserbedarf genügend durchfeuchtet war, schien für die Existenz der Würmer nicht genügend gewesen zu sein. Die Würmer hörten, sobald es trocken wurde, mit ihrer Arbeitsthätigkeit vollkommen auf. Die wiederholten Niederschläge von 1894 halfen glücklicherweise diesen Umstand energisch zu beseitigen. Als ich zum ersten Male die vollkommene Abwesenheit der Exkremente in den sämmtlichen Töpfen, welche mit den Regenwürmern beschickt worden waren, beobachtete, schien es mir, daß dieser Vorgang einzig und allein dem ungenügenden Feuchtigkeitsgehalte des Bodens zuzuschreiben sein dürfte, denn die Möglichkeit, daß sämmtliche Regenwürmer abgestorben oder ausgeschlüpft wären, war von vornherein unbedingt ausgeschlossen. Dieser Uebelstand war auch nicht leicht zu beseitigen, denn ein übermäßiges Begießen der Pflanzen würde wohl die Thätigkeit der Regenwürmer beschleunigt und wesentlich begünstigt haben, anderseits aber für die betreffenden Pflanzen auch sehr nachtheilig gewesen sein. Daraus kann man also schließen, daß die Würmer ohne eine, für ihre Thätigkeit genügende Feuchtigkeit nicht im Stande sind, die verlangte Arbeit zu verrichten und aus diesem Grunde zu arbeiten aufhören.

Wenn ich soeben gesagt habe, daß im ungünstigsten Falle die Würmer ihre Arbeitsthätigkeit einstellen, so ist damit keinesfalls ein vollkommenes Zugrundegehen derselben bedingt. Ist der Boden, in dem sie sich befinden, soweit ausgetrocknet, daß sie nicht mehr in der gewohnten Weise ihre Exkremente auszuscheiden im Stande sind, so hören sie auch auf die Erde zu verschlucken, und die Folge hiervon ist, daß sie sich in tiefere Schichten des Erdbodens zurückziehen, wo sie eine Art Winterschlaf eingehen. Die in einem solchen Zustande gefundenen Würmer befinden sich in einem schlafähnlichen Zustande und sind nicht im Besitze ihrer eigentlichen Lebensfrische. Sie liegen in ihren Höhlen aufgerollt und bewegungslos, bis ihnen ein Regen oder von Menschenhand herrührende Feuchtigkeit neues Leben einflößt und sie damit wieder zu der Wiederaufnahme ihrer früheren Thätigkeit zurückführt. Man kann dergestalt aufgerollte Würmer, die in der trocken gewordenen Erde im Sommer sehr häufig zu finden sind, mit einer Pinzette leise kneifen und berühren, ohne daß dieselben auch nur die geringste Empfindlichkeit zeigen. Eine völlige Wiederbelebung aus ihrem lethargischen Zustande findet allmählich wieder statt, wenn die betreffenden Regen-

würmer auf eine feuchte Bodenlage zu liegen kommen, oder besser noch, wenn sie etwas befeuchtet werden.

Ich habe bereits oben erwähnt, daß einige Arten von Regenwürmern besonders widerstandsfähig sind, und somit ein überaus zähes Leben besitzen, weshalb es denn auch sehr leicht möglich sein kann, daß die genannten Arten sehr leicht und lange einer Trockenheit im Boden ausgesetzt bleiben können, ohne einen Schaden davon zu tragen.

Ad. Hofmeister*) giebt an, daß die Würmer oftmals in einer Tiefe von 6—8 ja selbst bis 10 Fuß unter der Erdoberfläche gefunden werden, entweder einzeln oder in Nestern zusammengeballt. Ein Landwirth in Ungarn soll angeblich bei einer Tiefe von 4 und von $6^1/_2$ m noch Regenwurmnester gefunden haben.

Bei meinen Versuchen habe ich mich nicht darauf beschränkt, lediglich blos den L. terrestris *L.* anzuwenden, sondern ich nahm die Würmer ohne besondere Auswahl wie sie sich mir auf der Institutswiese darboten. Ich bin der festen Ueberzeugung, daß mein Verhalten in dieser Beziehung das richtigste war, denn es kommen auf einer in Kultur befindlichen Bodenfläche meist mehrere Arten von Regenwürmern vor, wie L. terrestris, L. communis, L. purpuraeus u. s. w.

Das Verhalten der Würmer innerhalb des Bodens und zu gleicher Zeit die Natur ihrer Gänge, sowie die ganze Entwickelung der Wurzeln in den Wurmröhren zu studiren, ist bei der Ernte meine spezielle Aufgabe gewesen. Indem diese Fragen im zweiten Theile meiner Arbeit einer eingehenden Besprechung zu unterziehen sein werden, begnüge ich mich an dieser Stelle blos damit, in einigen Worten das „Aufgerollt sein" der Würmer in dem Boden zu schildern.

Obgleich wir, wie bereits oben erwähnt worden ist, in dem Sommer 1894 reichliche Niederschläge zu verzeichnen hatten, so waren die Regenmengen doch nicht im Stande, eine Bodenschicht von 1 Meter zu durchdringen, es blieben deshalb die tieferen Schichten des Bodens mit alleiniger Ausnahme des schweren Lehmbodens ziemlich trocken. Außerdem fand eine außerordentlich starke Verdunstung statt, da die Thonröhren, in denen die Versuche angestellt wurden, absichtlich unglasirt hergestellt worden waren. Diese Umstände suchte ich durch Begießen und Bespritzen, soweit es nur irgendwie möglich war, zu beseitigen. Ich fand bei der Ernte im Lehmboden einige Würmer, welche in einer Tiefe von 45 cm aufgerollt in ihren Nestern lagen. Als ich den Boden vorsichtig weiter aus dem Topfe herausholte, bemerkte ich einen Klumpen von Würmern, welche in einer Höhlung bewegungslos und sehr fest zusammengeballt lagen, trotzdem ich die Würmer, als sie in die Töpfe gebracht wurden, einzeln vertheilt hatte und der Boden mäßig befeuchtet worden war.

Die größte Zahl der Würmer, welche zusammengeballt sich vorfanden, wurden von mir 2 cm tiefer, also bei 47 cm angetroffen. Im ganzen waren 34 Würmer von 50 zurück geblieben, von denen fast sämmtliche in einer Tiefe von 28—47 cm zusammengeballt lagen. Daraus ergiebt sich nun die Frage, weshalb gerade die größte Zahl in den genannten Tiefen sich konstant aufgehalten hatte, und nicht tiefer gedrungen war, und warum diese Anzahl Regenwürmer in einem aufgerollten Zustande aufgefunden worden war. Für den ersten Fall

*) Thiel's landw. Jahrbücher 1882, zitirt von Hensen

nehme ich an, daß ihre Kräfte nicht mehr ausgereicht hatten, tiefer in den Boden einzudringen; was dagegen den zweiten Fall anbetrifft, so haben die Regenwürmer wahrscheinlich, um einer größeren Trockenheit aus dem Wege zu gehen, sich gegenseitig durch die Feuchtigkeit ihres Körpers zu schützen gesucht, und haben sich somit lediglich durch ihren Instinkt leiten lassen.

Ich betone nochmals, daß hier bei meinen Versuchen verschiedene Arten von Regenwürmern vertreten waren und dennoch konnte ich die Beobachtung machen, daß alle in einem mehr oder weniger aufgerollten Zustande aufgefunden worden waren. Wir sehen hiermit, daß also von einem Unterschiede bezüglich der Spezies L. communis von den andern Arten, wie Hensen behauptet, keine Rede sein kann. Bei den leichteren Böden waren die Exemplare von L. terrestris, L. purpuraeus und andere alle aufgeknäuelt, so gut wie L. communis. Ich habe hier keine Gelegenheit gehabt, auch nur einen einzigen Wurm in seiner Röhre, oder im Boden lang ausgestreckt liegend zu finden. Eine Ausnahme hiervon macht dagegen der schwere Lehmboden, denn ich konnte bei demselben bemerken, daß die Würmer sich in ihm stets lang ausgestreckt liegend vorfanden. Da der bindigere Boden die Feuchtigkeit besser aufhält, so waren die Regenwürmer wahrscheinlich nicht genöthigt, sich zusammen zu rollen. Auch auf dem Acker nahe der Oberfläche trifft man die Regenwürmer nicht selten lang ausgestreckt liegend, aber auch nur dann, wenn genügend Feuchtigkeit vorhanden ist; es ist dann ihre gewöhnliche Lage.

Ein solches Zusammengeballtsein der Regenwürmer, wie eben beschrieben, während der Trockenheit habe ich außerdem noch in einem kleineren Topfe beobachten können, sodaß man zu der Annahme berechtigt ist, daß in ihrem Thun die Würmer durch einen gleichmäßigen Instinkt geleitet werden. In dem kleineren Topfe habe ich die Zahl der in Höhlen liegenden Würmer zu meinem Bedauern nicht feststellen können. Die Höhlen waren noch sämmtlich vollkommen intakt geblieben, jedoch waren die Körper der Thiere schon einem Zersetzungsprozesse anheim gefallen. Danach scheint es also, daß diese Würmer bisweilen einen bedeutend niedrigeren Grad von Widerstandsfähigkeit besitzen, als es nach dem ersten Topfe der Fall zu sein schien. Dadurch läßt sich die Thatsache erklären, daß die Würmer in dem kleinen Topfe zu Grunde gegangen waren. — Die schlaffen Würmer sind erkenntlich an ihrer hellen Färbung, es ist auch noch der Umstand charakteristisch, daß der Darm eines solchen Regenwurmes keine Erde aufweist. Bei kleineren Würmern zeigt sich das Fehlen von erdigen Massen im Darme besonders deutlich, wenn man die betreffenden zur Untersuchung gelangenden Thiere gegen das Licht hält. Wenn der Boden die für die Existenz der Regenwürmer nöthige Menge Feuchtigkeit besitzt, und die Würmer nicht aus irgend einem Grunde z. B. wegen Kälte, an der Ausübung ihrer Thätigkeit verhindert sind, hinterlassen dieselben regelmäßig Spuren durch Abladung von Exkrementen an der Oberfläche des Bodens. Ich habe sogar noch bis Ende November frische Exkremente von Würmern beobachten können.

Es ist bekannt, daß die Würmer pflanzliche Abfallstoffe, kleine Steine, abgestorbene Insekten, kurz mannigfaltige Gegenstände in ihre Löcher hineinziehen; es geschieht dies stets des Nachts, und zwar so, daß die Würmer aus ihren Löchern herauskriechen, jedoch in der Regel das Schwanzende in dem Rohre stecken lassen.

Die gesammelten Blätter ziehen sie niemals ganz in ihre Löcher hinein, sondern be-

gnügen sich damit, erst einen Theil hineinzuziehen und als Nahrung aufzunehmen, um dann, wenn dieser aufgezehrt worden ist, auch an den Rest heranzugehen.

Die Würmer bohren ihre Röhren entweder durch Fortdrücken der Erde oder durch Verschlucken derselben, wenn der Boden zu fest ist, indem sie die Erdmasse durch ihren Körper hindurch passiren lassen. Sie kleiden ihre Röhren bezw. deren Wände mit einer, im frischen Zustande mehr oder weniger schmierigen Schicht aus, die jedoch beim Trockenwerden sehr fest zu werden pflegt. Die ganze Beschaffenheit der Röhren ist höchst charakteristisch; sie sind innen sämmtlich glatt. Sie haben keine bestimmte Richtung, sondern sie laufen theils abwärts, wie schräg seitwärts, als auch bisweilen ganz in horizontaler Richtung, wie es bei den Wurzeln der Fall ist.

Der Regenwurm macht durch seine Muskelkräfte während seiner Arbeit unter der Erde ganz bedeutende Wanderungen; deshalb verdient er in erster Linie unsere Aufmerksamkeit als Durchlüfter des Erdbodens. Welchen nützlichen Einfluß diese Bewegungen des Regenwurmes von der Tiefe bis zur Oberfläche, und wiederum zurück auf die Bestandtheile des Bodens und auf die Pflanzen, welche auf ihm wachsen und kultivirt werden, ausüben, ist leicht begreiflich, wenn man bedenkt, daß durch die langen Röhren frische atmosphärische Luft — also Sauerstoff — in die Tiefe hineinzudringen im Stande ist. Diese Luft trägt bekanntlich sehr zur Auflösung der Erdpartikelchen bei, wie sie ja auch ferner selbst Nahrungsstoffe für die Pflanzen enthält. Bei Regenwetter wird ferner das Wasser durch die nach allen Richtungen hingehenden Rohrgänge zu den untersten Bodenschichten geleitet, wobei gleichfalls wiederum Luft ebendorthin gelangt, und glaube ich, daß damit zur Genüge bewiesen ist, daß der Regenwurm wegen der von ihm ausgeführten, bereits seit einigen Dezennien als nützlich anerkannten Drainage des Bodens, dem wohlwollenden Schutz des Landwirthes und des Gärtners anheim zu stellen sei, da er denselben vollkommen verdient.

Der Regenwurm verzehrt den Humus, trägt somit dazu bei, diesen früher, als es sonst geschehen könnte, vollständig aufzulösen; er ist somit als eine wirkliche chemische Werkstatt zur Aufschließung von Pflanzennährstoffen zu betrachten und sowohl für den Acker, als auch für den Garten von nicht zu unterschätzendem Vortheile. In solcher humushaltigen Erde findet er sich gewöhnlich oft in beträchtlicher Anzahl vor, ebenso ist dies auch der Fall in den Kompost-, Blätter- und Reisighaufen, die bisweilen zum Zwecke der Verwesung aufgestapelt werden, und trägt er hier wohl augenscheinlich ein Wesentliches zur Auflösung dieser Stoffe bei. Aus derselben Ursache findet er sich auch in den Mistbeeten mitunter äußerst zahlreich vor. Die Beschaffenheit der von den Regenwürmern bewohnten Orte kann demnach sehr wechselnder Art sein. Es sei an dieser Stelle noch erwähnt, daß ich Monate hindurch Regenwürmer unter Wasser gehalten habe, ohne daß dieselben zu Grunde gegangen waren, und kann ich in dieser Hinsicht die Ansicht Darwin's nur bestätigen.

Die Landwirthe und Gärtner waren früher ausgesprochene Feinde der Regenwürmer und es existiert davon leider heute noch eine ganze Anzahl, welche diese an und für sich harmlosen Thierchen als Schädlinge betrachtet und sie durch allerlei Mittel zu vertilgen sucht. Diese Leute sind der irrthümlichen Ansicht, daß die Regenwürmer die Pflanzenzellen verzehren, oder sie schieben ihnen noch sonst allerlei schädliche Einwirkungen zu, ohne auch

nur eine Thatsache dafür zur Hand zu haben. Die Unschädlichkeit der Regenwürmer ist völlig bewiesen. Dagegen hat man in neuerer Zeit zuweilen über die günstige Wirksamkeit der Regenwürmer zu weit gehende Ansichten ausgesprochen.

H. Thiel*), welcher über das Wachsthum der Wurzeln Studien anstellte, fand bei seinen Untersuchungen von Wurzeln durchzogene Röhren vor. Es handelte sich dabei jedenfalls um Wurmröhren. Er kam zu der Ansicht, daß in einer Tiefe von zwei Metern aufgefundene zarte kleine Wurzelfasern nur durch solche schon im Untergrunde vorhanden gewesene Röhren hineingedrungen sein könnten.

Ich kann mich dieser Ansicht jedoch nicht anschließen, da die von mir gewonnenen Resultate gerade das Gegentheil beweisen.

Die Resultate meiner Untersuchungen haben mich überzeugt, daß die Wurzeln allerdings durch solche schon vorhandenen Wege sich verbreiten, sei es durch Wurmröhren oder Spaltungen; sind dagegen solche angebahnte Wege nicht vorhanden, dann bahnen sie sich ganz allein ihren Weg in den Untergrund. Wie dieses vor sich geht, werde ich in dem zweiten Theile zu schildern haben. An dieser Stelle will ich dafür andere Beweise bringen. In dem Garten des landwirthschaftlichen Instituts zu Halle a. S. waren zum Zwecke einer Kanalisation Ausgrabungen bis zu einer Tiefe von 3,5 m erfolgt. Der daselbst befindliche Boden hat folgende Beschaffenheit: Die Oberkrume besitzt eine Schicht von humusreichem, schwerem Lehmboden von einer Stärke von 70 bis 80 cm. Darauf folgt dann stellenweise eine dünne Schicht von Kies, und schließlich kommt ein undurchlassender, fester Thonboden, Verwitterungsboden des Porphyrkonglomerats.

In einer Tiefe von 2 m fand ich diesen Thon von den Wurzeln der in der Nähe wachsenden Akazienbäume durchzogen. Die Verbreitung der zartesten Wurzeln war überaus deutlich zu sehen, wie Taf. I, Fig. 1 es zeigt. An einigen Stellen war bereits, wenn auch sehr dünn, eine Schicht von Humus, zum Theil in größerer Verbreitung, den Spaltungsflächen der Masse entsprechend, auf dem Thone abgelagert. Demnach waren also die Akazienwurzeln im Stande, in einer Tiefe von 2, ja sogar 3 m, ihre Wurzeln in den strengen Thonboden hineindringen zu lassen, wo ich vergebens nach etwa vorhandenen Wurmröhren suchte. Es war die Wurzelverbreitung auch keineswegs auf vorkommende Spaltungsflächen der Thonmasse beschränkt. Dieses Vorkommen von Wurzeln in dem Thonboden konnte ich nicht blos an einer Stelle beobachten, sondern auf einer Länge von über 100 m. Auch von früher vorhandenen alten Baumwurzeln, welche, wie erwiesen ist, in Folge ihrer Verwesung einen Weg für die zarten Wurzeln hätten zurücklassen können, war in diesem Falle absolut nichts zu finden und man sieht deutlich an den aufeinander gestellten, zerbrochenen Thonstücken links bei der Fig. 1 wie die zarten Wurzeln in dem weißen geschlossenen Thone sich reich verzweigt haben. Von Wurmröhren war auch nicht die geringste Spur vorhanden. Es ist ja auch bekannt, daß in solchem Thone überhaupt keine Regenwürmer vorkommen, ich habe auch nicht ein einziges Exemplar in dieser Bodenart vorgefunden.

Wenn somit hier, wo keine Wurmröhren vorhanden waren, die Wurzeln, und sogar

*) Thiels landwirthschaftliche Jahrbücher 1892.

die zartesten, dennoch bis zu einer beträchtlichen Tiefe vorzudringen und in großer Tiefe von den Spaltungsflächen aus in das Innere der Thonmasse sich zu verzweigen vermochten, so ist dieser Umstand einzig und allein ihrer eigenen Kraft zuzuschreiben, nicht aber der Wirkung von Regenwürmern. Wenn aber die Wurzeln ohne jede Hülfe und besondere Schwierigkeit in solchem Thone so tief in den Untergrund hineinwachsen können, so sind sie auch ohne jede Frage im Stande, ohne besondere Schwierigkeit in jede andere Bodenart in größere Tiefe hineinzudringen.

Dieses war übrigens auch bei meinen Versuchen der Fall, indem auch hier die Wurzeln in schweren Lehmboden sehr tief hineingewachsen waren, ohne Hülfe der Würmer; die Wurzeln konnten ganz gut in die 1 m tiefen Versuchsgefäße hinabdringen und den Boden durchwachsen, ohne daß an Wurmröhren zu denken war, da völlig wurmfreier Boden zu ihrer Füllung verwendet wurde und diese Versuchsgefäße gerade zum Vergleich mit den anderen Gefäßen benutzt wurden, welche mit Würmern besetzt worden waren. Dieses sind, meiner Ansicht nach, klare Beweise gegen die Ausführungen Thiels.

In manchen Versuchsgefäßen konnte ich den Umstand konstatiren, daß die Wurzeln, der Topfwand folgend, längs derselben leichter in den Untergrund hinabwachsen können, und ist dieses dadurch erklärlich, daß dort alle diejenigen Wurzeln sich dicht zusammendrängen, welche im freien Lande über den Umfang des Topfes hinausgewachsen wären. Alle übrigen Wurzeln mußten sich im Innern der Versuchsgefäße ihren Weg durch den Boden bahnen.

Nach Darwin ist es Hensen gewesen, der die ausführlichsten Untersuchungen über die Regenwürmer angestellt hat. Seine Veröffentlichungen erschienen zuerst in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie (1877. Band 17) und waren seine Ausführungen, wie er es auch selbst anführt, eigentlich blos für Fachzoologen geschrieben. Im Jahre 1882 veröffentlichte er wiederum, und zwar diesmal in den „landwirthschaftlichen Jahrbüchern", umfangreiche Mittheilungen über die Regenwürmer. Seine Beobachtungen beziehen sich auf die Thätigkeit des großen blauköpfigen Regenwurmes Lumbricus terrestris.

Der große Regenwurm, sagt er, zeichnet sich dadurch aus, daß er den Pflanzen in die Tiefe führende (von Thiel entdeckte) Wege eröffnet und ihnen diese Wege mit Humus belegt. Hensen fand, daß die Röhren mit kleinen Steinchen von Nadelkopfgröße wie austapezirt worden waren. In anderen Fällen wurden auch Obstkerne, von abgefallenen Birnen herrührend, im Lager Mitte Dezember aufgefunden. So fand er z. B. in einer Wurmröhre 15 Stück vor, von denen einige aufgekeimt waren. Ferner führt Hensen über die Verbreitung der Würmer noch Folgendes aus: Er rechnet auf eine Kreisfläche von 1 m im Radius je einen Regenwurm. Außerdem hat er auch noch das Gewicht der Regenwürmer pro 1 Morgen Gartenland auf 100 kg bestimmt, und indem er das Gewicht der Würmer mit demjenigen des Menschen vergleicht, kommt er zu dem Schluß, daß auf jedes kg Menschengewicht z. B. in der Provinz Posen 8,9 kg Regenwürmer für die Fruchtbarkeit des Bodens arbeiten sollen. Er sagt weiter, daß eine Verpflanzung des Regenwurms in unfruchtbare Gegenden nützlich sein würde. Hierzu möchte ich mir nur noch die Bemerkung erlauben, daß eine direkte Verpflanzung von Regenwürmern nur dort geschehen kann, wo das Land

erstens eine genügende Feuchtigkeit für ihre Existenz aufzuweisen hat, und wo zweitens das Land selbst für sie geeignet ist. Wo solche Fälle vorhanden sind, da verbreiten sich aber die Würmer auch von selbst und brauchen meiner Meinung nach nicht erst mühsam verpflanzt zu werden. — Die Regenwurmfrage wurde übrigens auch in einer zu Berlin im Jahre 1892 abgehaltenen Sitzung der Ackerbau-Abtheilung der deutschen Landwirthschafts-Gesellschaft*) ausführlich behandelt, und zwar fungirte dabei Hensen als Referent. Er verbreitete sich dabei sehr ausführlich über die in den Wurmröhren vorkommenden Wurzeln; bei der an die Berichterstattung sich anschließenden Verhandlung konstatirte der Vorsitzende der Ackerbau-Abtheilung, Geheimrath Orth, daß er Lupinenwurzeln beobachtet habe, welche ohne Vorhandensein von Wurmröhren 2,32 Meter tief in den Boden eingedrungen waren. Dies bestätigt meine Beobachtung, nach der die Wurmröhren für die Verbreitung der Pflanzenwurzeln im Boden nicht unbedingt erforderlich sind.

Der Einfluß der Würmer auf das Wachsthum der Pflanzen wurde erst durch die trefflichen Untersuchungen Wollny's**) klargelegt. Er zeigte durch mehrjährige Versuche, welche mit den verschiedensten Gewächsen stets zu gleichen Ergebnissen führten, daß die Würmer in jeder Beziehung sowohl auf den Körnerertrag, wie auf den Strohertrag, als auch bei der Kartoffel auf den Knollenertrag einen günstigen Einfluß ausübten.

Die Methode, welche von Wollny bei seinen Untersuchungen angewendet ist, habe auch ich im Wesentlichen mit einigen Aenderungen bei meinen Versuchen beibehalten.

Die von Wollny gewonnenen Resultate sind folgende:

I. In keinem einzigen Versuche hatten die Pflanzen durch die Würmer irgendwelche Beschädigung erlitten.

II. Der wurmhaltige Boden besaß unter sonst gleichen Umständen eine beträchtlich größere Fruchtbarkeit als der wurmfreie.

III. In Folge der durch die Thätigkeit der Regenwürmer bewirkten Krümelung des Bodens wird die Wasserkapazität vermindert, die Luftkapazität desselben dagegen erhöht.

IV. Die Würmer tragen zur Lockerung resp. Krümelung des Bodens bei.

V. Der mechanische Zustand des Bodens wird durch die Thätigkeit der Würmer in einer für das Pflanzenwachsthum günstigen Weise abgeändert, und zwar dadurch, daß das Erdreich unter Mitwirkung der Würmer für Luft und Wasser leichter durchdringbar wird.

Die sonstigen von Wollny gefundenen Resultate werde ich nicht weiter anführen, da sie nicht hierher gehören. — Ich gehe jetzt zur Beschreibung meiner Versuche über. Dieselben dehnen sich auf drei Bodenarten aus, da, wie ich annahm, eine einzige Bodenart kein maßgebendes Resultat gegeben haben würde. Ich bedaure nur, daß ich nicht in der Lage war, noch einige Bodenarten mehr in Betracht zu ziehen. Da dergleichen Arbeiten indessen sehr mühsam und zeitraubend sind, konnte ich sie nicht weiter ausdehnen.

*) Jahrbuch der deutschen Landwirthschafts-Gesellschaft, Band 7.

**) Wollny, Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Jahrg. 1890.

Der erste Boden, den ich benutzte, war von den Versuchsfeldern des hiesigen landwirthschaftlichen Instituts entnommen und ist ein humusreicher sandiger Lehmboden; der zweite, der schwerere Lehmboden, rührt von dem Garten des landwirthschaftlichen Instituts her, hat einen Winter lang im Freien gelegen und ist durch die Einwirkung der Kälte mürbe geworden. Der dritte Boden ist ein humusreicher, grobkörniger Sandboden und ward von dem der Dölauer Haide benachbarten Terrain entnommen.

Die mechanische Analyse ergab folgende Resultate:

1. Sandiger Lehmboden:

Grober Kies, unter 5 über 3 mm	0,236 %
Feiner Kies, über 2 mm	0,251 „
Sehr grober Sand, über 1 mm	1,469 „
Grober Sand, über 0,5 mm	7,090 „
Feiner Sand, über 0,25 mm	42,012 „
Feinster Sand, unter 0,25 mm	29,949 „
Abschlämmbare Theile	18,993 „
Summa	100,000 %
Verbrennliche Substanz	7,07 %

2. Lehmboden:

Grober Kies	0,941 %
Feiner Kies	1,249 „
Sehr grober Sand	3,061 „
Grober Sand	47,405 „
Feiner und feinster Sand	12,001 „
Abschlämmbare Theile	35,343 „
Summa	100,000 %
Verbrennliche Substanz	3,03 %

3. Lehmiger Sandboden:

Grober Kies	0,452 %
Feiner Kies	1,647 „
Sehr grober Sand	4,859 „
Grober Sand	45,435 „
Feiner und feinster Sand	29,846 „
Abschlämmbare Theile	17,761 „
Summa	100,000 %
Verbrennliche Substanz	4,01 %

Der Sandboden wurde mit ausgewählt, um die Arbeit der Würmer auch in ihm zu beobachten. Darwin giebt an, daß die Würmer nicht nur Erde, sondern auch kleine Steine, Quarz, sogar Glassplitter verschlucken können Bei Untersuchungen des Darminhaltes

von mehreren Würmern bestätigte sich, daß dieselben kleine Quarzkörner und Steinchen heruntergeschluckt hatten.

Die drei oben genannten Böden wurden im Frühjahr entnommen, und nachdem sie lufttrocken waren, durch ein 5 mm-Sieb gesiebt und im Trockenschrank einer Temperatur von über 100 ° C. ausgesetzt, um etwaige in dem Boden vorhandene Embryonen von Regenwürmern zu tödten. Als dieses Verfahren beendigt war, wurde der Boden in Thonröhren von 1 m Tiefe und 20 cm Durchmesser eingefüllt. Diese Röhren waren absichtlich unglasirt bestellt. Neben den großen Thonröhren habe ich zu einer zweiten Versuchsreihe noch sechs kleinere, d. h. von 25 cm Durchmesser und 20 cm Tiefe benutzt, welche innen glasirt waren. Diese Versuchsreihe ist für sich kultivirt und beobachtet worden.

Die in dem Boden der sämmtlichen Töpfe befindlichen Oeffnungen wurden mit einem für Wasser durchlässigen, aber den Durchtritt der Würmer hindernden feinen mehrfachen Drahtnetz sorgfältig bedeckt. Auf die betreffenden Röhren wurde je ein Cylinder von engmaschigem Drahte, welcher 25 cm hoch über die Oberkante der Thonröhren hinausragte, gesetzt, um das Ausschlüpfen der Würmer aus den Röhren zu verhindern. Die sämmtlichen Töpfe wurden endlich in vertieften Gängen, welche zu anderen Versuchszwecken konstruirt waren, neben einander gestellt, so daß die Röhren mit dem Rande in dem Niveau der übrigen Bodenfläche 10 cm von einander zu stehen kamen.

Nachdem diese Vorrichtungen geschehen waren, wurden die Töpfe mit dem sterilisirten Boden gefüllt, welcher vorher mäßig befeuchtet worden war. Es waren dreierlei verschiedene Pflanzenarten in drei Röhren, mit Würmern auf der einen Seite, und dieselben drei Pflanzenarten ohne Würmer auf der anderen Seite des vertieften Ganges aufgestellt. Dieselbe Ordnung wiederholte sich drei Mal, d. h. bei dem schweren Lehm-, sandigen Lehm- und Sandboden, so daß die ersten 9 Röhren mit Würmern und die zweiten 9 Röhren ohne Würmer sich gegenüber standen.

Ehe die Töpfe bepflanzt waren, wurde die Erde in den sämmtlichen Röhren, um ein normales Wachsthum zu erzielen, pro Topf mit 2 g gedämpften Knochenmehls und 20 ccm Kainit-Lösung flach gedüngt. Kurz vor der Saat wurde die eine Röhrenreihe mit je 50 Würmern beschickt, und nachdem dies geschehen war, am 10. Mai die Saat vorgenommen. Diese verhältnißmäßig späte Saat ist auf die vorhandenen Schwierigkeiten bei der Sterilisirung der großen Masse Erde zurückzuführen. — Die kleinen Töpfe, welche inwendig glasirt waren, wurden in derselben Weise behandelt, d. h. mit je 50 Würmern beschickt, aber mit 3 g Knochenmehl und mit 25 ccm Kainitlösung gedüngt.

Die Wahl der Pflanzen ist die folgende gewesen: In den Röhren von 1 m Tiefe und 20 cm Durchmesser wurden 1. Lein, 2. Raps und 3. Peluschke gepflanzt. In den Töpfen mit 25 cm Durchmesser und 20 cm Tiefe: 1. Kartoffel (Richters Reichskanzler), 2. Runkelrübe und 3. Futterwicke.

Die Zahl der Pflanzen in Versuchsreihe I:

Lein	15	in	schwererem	Lehm,	sandigem	Lehm	und	Sandboden
Raps	6	„	„	„	„	„	„	„
Peluschke	7	„	„	„	„	„	„	„

Die Zahl der Pflanzen in der Versuchsreihe II:

1 Kartoffel im lehmigen Sandboden,
1 Rübe im sandigen Lehmboden,
8 Futterwicken im sandigen Lehmboden.

Die oben erwähnten Drahthälse, welche das Ausschlüpfen der Würmer verhindern sollten, wurden jeden Morgen mit Sonnenaufgang entfernt und mit Sonnenuntergang aufgesetzt. Dies wurde als nöthig befunden, um die sich entwickelnden Pflanzen am Tage den Sonnenstrahlen direkt auszusetzen, was ja nicht möglich gewesen wäre, wenn diese Vorrichtung stehen blieb. Es ist übrigens bekannt, daß die Würmer am Tage im Sonnenlicht nicht wandern, so daß die Gefahr des Ausschlüpfens der Würmer völlig ausgeschlossen war, auch wenn die Drahthälse am Tage nicht vorhanden waren.

Die Pflanzen fingen am 23. Mai 1894 an, aufzugehen, jedoch nicht alle gleichmäßig. Einige Keime kamen später zum Vorschein. Als die Pflanzen weit genug gewachsen waren, wurde ihre Zahl in jedem Topfe bestimmt.

In den folgenden Vegetationsperioden mußte die Erde oberflächlich von Zeit zu Zeit gelockert werden, um die Krustenbildung zu verhindern.

Im Anfange war bei den aufkeimenden Pflanzen nichts Auffallendes zu bemerken; in den nächsten Monaten, als die Pflanzen eine beträchtliche Höhe erreicht hatten, war der Unterschied zwischen den Pflanzen, welche in den Töpfen mit Würmern wuchsen, und den anderen ohne Würmer zu erkennen. Die Pflanzen in den Töpfen mit Würmern zeigten ein sehr auffallend üppigeres Wachsthum. Abweichungen von diesem allgemeinen Verhalten ergaben sich nur bei dem Lein und Raps auf dem schwereren Lehmboden.

Bei den in dem mit sandigem Lehmboden gefüllten Rohre 1 + W, Tabelle II, befindlichen Leinpflanzen ergab sich im Anfange des Wachsthums, wie ich bereits erwähnt habe, kein auffallender Unterschied. Als die Pflanzen 10 und mehr Centimeter Höhe erreicht hatten, konnte man mit Leichtigkeit unterscheiden, daß diejenigen von ihnen, welche in Erde mit Würmern wuchsen, entschieden üppiger und kräftiger waren, als die ohne Würmer, welche sich jedoch immerhin noch ganz normal entwickelt hatten. Dieser auffallende Unterschied in dem Rohre mit Würmern ist wohl nur der mechanischen Thätigkeit der Würmer zuzuschreiben. In den mit lehmigem Sand gefüllten Röhren 7 (mit Würmern) und VII (ohne Würmer) war das Verhältniß ein ganz ähnliches. Nur bei den Röhren mit schwererem Lehmboden ergab sich ein abweichendes Resultat. In dem Rohre 4 (mit Würmern) gingen die aufgelaufenen Leinpflänzchen zu Grunde, während sie in dem Rohre IV (ohne Würmer) sich gut entwickelten; ich habe von diesem Topf auch Samen geerntet. — Auch die Rapspflanzen wuchsen in dem schwereren Lehmboden verhältnißmäßig dort besser (Röhre V), wo keine Würmer vorhanden waren, die Peluschke ohne Würmer (Röhre VI) blieb dagegen sehr zurück, während die Peluschke mit Würmern (Röhre 6) in demselben Boden sehr schön sich entwickelte. Ich glaube annehmen zu dürfen, daß in dem schwereren Lehmboden der Einfluß der Würmer auf das Wachsthum der Pflanzen nicht ganz zur Geltung gelangen kann.

Deshalb bin ich zu dem Schluß gekommen, daß die Thätigkeit der Würmer in gewissen Bodenarten vollständig ausgenutzt werden kann, aber nicht in allen, wie ja eben bei

meinen Versuchen der schwerere Lehmboden im Gegensatze zu den übrigen Bodenarten andere Resultate ergab. Um also die Thätigkeit der Würmer zu beurtheilen, ist auch die Qualität des Bodens in Beziehung auf die Pflanzen, die auf ihm wachsen, in Betracht zu ziehen. Bei meinen Versuchen konnte ich konstatiren, daß der sandige Lehmboden und lehmige Sandboden am günstigsten die Einwirkung der Würmer hervortreten ließ.

Dasselbe Resultut ergab sich bei der Versuchsreihe II, Tabelle 2. Dort wurde auch sandiger Lehm- und Sandboden zum Versuche angewendet; die Rübe, die Futterwicke und die Kartoffel wuchsen in den Töpfen mit Würmern sehr gut. Trotzdem die beiden Kartoffelknollen, die eingesetzt waren, dieselbe Größe, dieselbe Anzahl Augen besaßen, konnte ich während des Wachsthums in dem Topfe mit Würmern eine größere Zahl von Trieben und bei der Ernte die größere Zahl der Knollen, wie dies auf der Tabelle II angegeben ist, konstatiren.

Ich glaube, daß diese allgemeine Uebersicht über das Wachsthum der Pflanzen genügen wird. Die Tabellen I und II liefern über die Mehrerträge und sonstigen Verhältnisse ein klares Bild, weshalb ich hier die einzelnen Details der Ernteergebnisse zu erörtern nicht für nöthig finde.

Ich komme jetzt zur Beschreibung der bei der Ernte über die Verbreitung der Wurzeln in den Wurmröhren gewonnenen Resultate.

Das erste, was bei der Untersuchung der Thonröhren auffiel, war, daß die Wurzeln in die Wurmröhren theils in geringerer, theils in größerer Zahl hineingewachsen waren und infolge dessen viel leichter in den Untergrund hinabwachsen konnten, um dort die Nährstoffe aufzunehmen, und falls solche Nährstoffe fehlten, doch die Wasseraufnahme zu erleichtern und besonders in trockenen Zeiten die Pflanze mit genügender Feuchtigkeit zu versorgen. Neben den Wurzeln, welche in den Wurmröhren mit Leichtigkeit hinabwachsen konnten, befanden sich aber sehr viele, *welche ebenso tief hinabgewachsen waren ohne irgend eine Wurmröhre in Anspruch zu nehmen* Beim genaueren Ansehen konnte ich konstatiren, daß manche Wurzeln, welche sich sehr nahe bei den Wurmröhren befanden, diesen parallel in die Tiefe gewachsen waren, ohne den Versuch zu machen in das in nächster Nähe liegende Rohr hineinzudringen und so etwa besser vorwärts zu wachsen. Auch die übrigen Wurzeln, welche keine Gänge zur Verfügung hatten, d. h. in den Töpfen ohne Würmer waren, sind sehr tief hinabgewachsen. In dem schweren Lehmboden ohne Würmer fand ich solche Wurzeln in einer Tiefe von 82 cm. Die Annahme also, *daß die Wurzel ihren Weg nicht allein graben könnte, ist sonach unrichtig.*

Schon *Schubert-Gallentin* hat durch Versuche gezeigt, daß das in die Tiefe gehen der Wurzeln einiger Halmgetreidearten unabhängig von der Tiefe der Lockerung und Durchlüftung des Bodens ist.

Herr Geh.-Ob.-R.-R. Prof. Dr. *Kühn**) fügt hinzu, wie auch ich übrigens durch meine Versuche bestätigen kann, daß dieses tiefere Eindringen eines Theils der Wurzeln in den ungelockerten Untergrund nach seinen Beobachtungen keineswegs lediglich durch Wurmröhren bedingt, sondern durch die in dem Boden in der Regel häufig vorkommenden Spal-

*) Prof. J. *Kühn*, Berichte des landw. Instituts der Universität Halle 1894. Ueber Untergrunddüngung mit besonderer Berücksichtigung ihrer Bedeutung für den Zuckerrübenbau.

tungen und Poren ermöglicht wird. Diese tiefer nach unten zu verlaufenden Wurzeln werden ohne Zweifel Nährstoffe auszunutzen vermögen, denen sie auf ihrem Wege begegnen, und helfen gewiß insbesondere auch den Verlust solcher Nährstoffe vermindern, welche bei stärkerem Regen durch die den Boden durchsetzenden Wassermengen den oberen Bodenschichten entführt werden können. Die Hauptfunktion der tief verbreiteten Wurzeln dürfte aber wohl die gesicherte Wasseraufnahme sein, durch welche die Pflanzen befähigt werden, trockene Witterungsperioden besser zu überstehen.

Es wird mir möglich sein, gegen die von Hensen a. a. O. ausgesprochene Behauptung, daß die Kraft, mit der die Pflanzen in die Tiefe zu wachsen bestrebt sind, keine ausreichend große sei, und daß deshalb die Wurzelverbreitung durch Wurmröhren unterstützt werden müßte, ausreichende Beweise anzuführen.

In dem ersten Theil der Arbeit habe ich bereits die in beträchtlicher Tiefe, in dem strengen Thon gefundenen zarten Wurzeln erwähnt, bei welchem Vorkommniß keinerlei Einfluß von Wurmröhren zu konstatiren war. — Hier kann ich nun hinzufügen, daß in den Versuchsgefäßen, wo keine Würmer vorhanden waren, die Wurzeln eine Tiefe von 82 cm erreichten.

Daß die Wurzeln ohne Hülfe der Würmer ebenso üppig und unter Umständen noch zahlreicher sich entwickeln können, beweisen auch die bei meinem Versuch im sandigen Lehmboden erzogenen Runkelrüben.

Die kleinere Rübe, welche in dem Versuchsgefäß 4 (Tabelle II) ohne Würmer gezogen war, besitzt sehr zahlreiche Wurzeln und Wurzelverzweigungen; die größere Rübe dagegen, welche in dem Versuchsgefäß 2 mit Würmern erwachsen war, hat weniger zahlreiche, stärkere Wurzeln und nur einige wenige feinere Nebenwurzeln, wie die photographische Abbildung auf Taf. II b zeigt. Nach dem Grundsatz, daß die Verbreitnng der Wurzeln durch Würmer bedingt sein soll, müßte hier das Gegentheil vorliegen. Der Vergleich dieser beiden Rüben ergiebt aber deutlich, daß dies nicht der Fall ist.

Ich benutzte meine freie Zeit im Sommer, um die Baustellen und zu sonstigen Zwecken aufgeworfene Ausschachtungen zu untersuchen und fand, daß die auf der Oberfläche wachsenden Gewächse ihre Wurzeln nach allen Richtungen hin verbreitet hatten, auch in solchem Boden, wo keine Würmer zu finden waren.

Ich möchte hier über die Verhältnisse in dem schwereren Lehmboden noch einige Worte sagen. Wie bereits oben erwähnt, habe ich denselben zum Versuch angewendet, um speziell in ihm das Verhalten der Würmer, und die Verbreitung der Wurzeln, sowie den Einfluß der Würmer auf die Pflanzen zu beobachten.

Der Versuch in dieser Bodenart war sehr lehrreich. Was erstens das Verhalten der Würmer anbetrifft, so habe ich beobachten können, daß die Würmer auch in diesem Boden in die Tiefe bohren. Niemals aber habe ich Gelegenheit gehabt, zu konstatiren, daß irgend eine Exkrementausscheidung auf der Oberfläche des Bodens vorkam. Die Würmer scheinen diesen Boden nicht gern zu verzehren, denn bei der Untersuchung einiger Würmer ergab sich, daß dieselben sehr wenig und theilweise gar keine Lehmmasse in ihrem Darme hatten. Sollte es überhaupt der Fall sein, daß Regenwürmer im bindigeren Boden vorkämen, so wäre ge-

rade in dieser Bodenart die mechanische Thätigkeit derselben recht am Platze, da der schwere Lehmboden der Durchlüftung in besonders hohen Grade bedarf.

Einige, in kleineren Blumentöpfen angestellte Versuche ergaben, daß trotzdem der Boden sehr fest war, lebendige Würmer in ihren Röhren lagen und daß die Masse des Bodens von Würmern nach allen Richtungen hin durchbohrt war.

Ich glaube annehmen zu dürfen, daß, wenn man Studien über die Beschaffenheit der Wurmröhren machen will, man dies am besten im bindigen Boden, im schweren Lehm- und Thonboden erreicht, indem man den Boden gut durchfeuchtet und einige große Regenwürmer hineingiebt; man begießt den Boden einige Tage hindurch, damit die Würmer während der Zeit in demselben wandern können und läßt ihn dann trocknen. Wenn der Boden trocken geworden ist, macht man durch denselben einen Querschnitt, und man bekommt dann eine sehr schöne Einsicht über die Lage und Beschaffenheit der Wurmröhren. Ich führe diesen Punkt deshalb an, weil die von Hensen empfohlene Methode insoweit weniger praktisch erscheint, als man nach derselben den Boden nur dann untersuchen kann, wenn er fest gefroren ist; dagegen ist der Versuch in dem Thone viel einfacher, deutlicher und zuverlässiger

Die biologische Bedeutung des Regenwurms, sagt Hensen, ist darin zu finden, daß in etwa der Hälfte der Wurmröhren sich Wurzeln von den auf der Oberfläche wachsenden Pflanzen finden. Bei den von mir angestellten Versuchen konnte ich die Lage dieser in die Wurmröhren, sei es ganz, sei es zum Theil, hineingewachsenen Wurzeln ebenfalls studiren. Im Lehmboden waren diese, von Würmern herrührenden Gänge, welche theilweise oder ganz von Wurzeln durchwachsen waren, genau zu verfolgen. Im Sandboden dagegen waren diese Verhältnisse nicht so deutlich, wie im Lehmboden, weil der Sandboden bei der Untersuchung jedesmal zusammenfiel, trotzdem ich ihn nach dem Zerschlagen des Topfes sehr sorgfältig zertheilte.

Es liegt nun die Frage vor, sind die Wurzeln, für ihre Verbreitung nach der Tiefe ausschließlich auf das Vorhandensein solcher von Würmern oder Insekten gebahnten Wege angewiesen oder können sie ohne solche Hilfe in den Untergrund zu gelangen?

Diese Frage wurde von Hensen folgendermaaßen beantwortet: Die Pfahlwurzeln und überhaupt solche Wurzelformen, welche mit dickerer Spitze vorwärts wachsen können, bahnen sich selbst den Weg in den Untergrund. Dagegen werden die feinen und biegsamen Saugwurzeln den Weg in die Tiefe schwerlich anders gewinnen können als durch solche vorgebahnte Wege. „Während ich", sagt er weiter, auf abgeernteten Kornfeldern die Wurzeln in großer Anzahl in den Röhren traf, war es nicht möglich, solche außerhalb der Röhren in lehmigem Untergrunde nachzuweisen. In der That ist nicht einzusehen, wie diese Wurzelfasern in relativ kurzer Zeit bis 5 und 6 Fuß Tiefe vordringen können ohne vorgebahnte Wege. Also nur da, wo Regenwürmer sich befinden, werden die Wurzeln einjähriger Gewächse tief in den Untergrund eindringen können."

Bei meinen Versuchen wollte ich nun auch diese Frage prüfen und feststellen, inwieweit die Behauptung Hensen's begründet ist.

Meine einigenen Beobachtungen im Freien zeigten wohl, daß Wurzeln in die vorhandenen Wurmröhren hineinwachsen, aber dies war nicht immer der Fall. Ich habe

niemals beobachten können, daß alle Wurzeln in die Wurmröhren gewachsen waren; dies war nicht einmal in meinen Versuchsgefäßen der Fall, wo der Raum beschränkt und die Zahl der Würmer im Verhältniß zu dem Raume weit größer war als das im Freien wirklich der Fall ist.

Eine minder bedeutsame Eigenthümlichkeit der Würmer mag hier noch erwähnt werden. Die Würmer bewohnen solche Orte, an deren Bodenbeschaffenheit sie angepaßt sind. Aber was ist der Grund, daß man unter Umständen auf bepflanzten Orten, wo man nach der Beschaffenheit des Bodens Regenwürmer finden müßte, bei näherer Untersuchung des Bodens gar keine findet? Außerdem giebt es solche Orte, wo man z. B. unter einem Baume auf demselben Boden zahlreiche Würmer findet und in einigen Metern Entfernung unter einem Baume von anderer Art kein Exemplar vorhanden ist. Der Grund dafür ist der, daß die Würmer einige Pflanzenarten vermeiden, vielleicht weil sie den Geruch der Wurzel möglicherweise nicht vertragen können. Ich habe thatsächlich unter einigen Oelpflanzen und unter Akazienbäumen vergebens Würmer gesucht. Der eigenthümliche Geruch der Akazienwurzel mag vielleicht für die Würmer schädlich oder unangenehm sein. Inwiefern diese den Würmern nicht zusagenden Gewächse ihnen schädlich sind, bleibt festzustellen. Die Würmer sind wohl lediglich durch den Geruch der Wurzeln gestört, da sie die Wurzeln nicht verzehren. Hieraus geht jedenfalls hervor, daß die Würmer außer einem passenden Boden für ihre Existenz noch solche Gewächse verlangen, welche ihnen ebenfalls angepaßt sind.

Die Wurzel verbreitet sich im Boden mit Hülfe ihrer Wurzelhaare, indem diese, von einem weiter von der Spitze zurückliegenden Theile der Wurzel ausgehend, in den Boden eindringen und in dieser Weise einen Anhalte- oder Stützpunkt für die weiter vorwärts wachsende Wurzelspitze bilden. Die Hohlräume, die zwischen den Bodenpartikelchen vorhanden sind, gestatten den zarten Wurzelhaaren das Eindringen und das Befestigen an dem Boden. Sind die Wurzeln in dieser Weise vorwärts gewachsen und treffen sie eine Spalte oder einen von Würmern herrührenden Gang, dann wachsen sie in demselben mit großer Leichtigkeit und Schnelligkeit bis in den Untergrund hinab.

In den Töpfen mit Regenwürmern fand ich, daß solche in den Röhren hineingewachsene Wurzeln an ihrem Ende zahlreiche Wurzelfasern besaßen. Andere in den Röhren befindliche Wurzeln waren in einem Netze von Schimmelpilzen eingeschlossen. Ich fand solche Röhren, in welchen nur eine einzige Wurzel vorhanden war, aber auch solche, welche mit Wurzeln sehr dicht gefüllt waren. Röhren ohne Wurzeln waren auch vorhanden.

Die Art, wie die Wurzelhaare mit den benachbarten Bodentheilen verwachsen, bot bei Pflanzen verschiedener Klassen viel Uebereinstimmendes dar. Gewöhnlich ist es die Spitzenregion des Haares, welche mit einem oder vielen größeren Bodenpartikeln verwächst, häufig ist eine längere Stelle mit feinen Bodenkrümeln verwachsen, und oft sind an einem und demselben Haare 2—5 und mehr Verwachsungsstellen an den mittleren Theilen vorhanden. „Bei allen von mir untersuchten Wurzelhaaren," sagt J. Sachs„ habe ich ein bisher wohl unbekanntes Gebilde vorgefunden; es sind die äußerst feinen Fädchen, welche auf der Oberfläche der Zellhaut zerstreut stehen und so dünn sind, daß sich über ihre Struktur nichts aussagen läßt; sie erinnern fast an die peitschenförmigen Cilien der Schwärmsporen, und können wohl möglicherweise bei der Aufnahme der Nährstoffe irgend eine Rolle spielen."

Da die Wurzelhaare als Saugorgane der Pflanzen dienen und infolgedessen die Nährstoffaufnahme bewirken, so ist es hier am Platze einige Worte über die Nährstoffaufnahme zu sagen. Dieselbe erfolgt zu keiner Zeit an allen Punkten der ganzen Wurzel, sondern bei allen überhaupt Wurzelhaare bildenden Pflanzen nur an den jüngeren Stellen der Wurzeln, welche mit noch frischen Wurzelhaaren besetzt sind, während die älteren Wurzeltheile jene schon verloren haben, und mit ihrer verkorkten Epidermis zur Nährstoffaufnahme ebenso wenig fähig sind, wie die jüngsten Wurzelspitzen, an denen die Wurzelhaare sich noch nicht zeigen. Die Wurzelhaare selbst sind schlauchförmige Ausstülpungen der Oberhautzellen, welche sich in die feinsten Poren des Bodens erstrecken, sich ganz dicht an die kleinsten Bodenpartikelchen anschmiegen, ja theilweise ganz mit ihnen verwachsen und durch deren dünne Membran Diffusions-Prozesse zwischen den Bestandtheilen des Bodens, sei es den vom Boden absorbirten oder in den Feuchtigkeitshüllen der einzelnen Bodenpartikel gelösten Stoffen und dem Zelleninhalt die Nährstoffaufnahme vermittelt werden. Die Wurzelhaare besitzen die Fähigkeit selbst dem für unser Gefühl schon verhältnißmäßig trocken erscheinenden Boden noch das die kleinen Bodenpartikel in dünnerer Schicht umgebende Wasser bis auf wenige Prozente zu entziehen.

Einen Beweis in Bezug auf die Wasserentnahme durch die Wurzelhaare will ich hier aufführen.

In dem humosen Sandboden fand ich in einer Tiefe von 91 cm Wurzeln, deren Spitzen mit Wurzelhaaren besetzt waren. Der Untergrund dieses Bodens war sehr trocken, oder vielmehr nach der Farbe zu urtheilen schien er trocken zu sein. Als ich aber langsam die in dem Untergrunde befindlichen Wurzeltheile entfernte, sah ich deutlich, daß die Bodenmasse, welche an den Wurzelhaaren anhaftete, eine viel dunklere Farbe besaß als der übrige Untergrundsboden. Wenn man solchen an den Wurzelhaaren hängenden Boden im Freien kurze Zeit hält, dann trocknet die Erde sehr schnell aus. Ich kann somit aus eigener Erfahrung bestätigen, daß die feinen Wurzelhaare im Stande sind, aus unserem Auge trocken erscheinendem Boden noch Feuchtigkeit aufzunehmen.

Die Wurzelhaare sind im Stande, eine verhältnißmäßig große Masse Erde zu tragen. Wenn man eine Pflanze aus dem Boden herauszieht, merkt man, daß die betreffende Pflanze einen mehr oder minder großen Widerstand leistet. Nicht nur in dem Wachsthum vorgeschrittene Pflanzen, sondern auch solche, welche sich in einem früheren Wurzelverbreitungsstadium befinden, leisten Widerstand, wenn man sie aus dem Boden entfernen will. Bei diesem Vorgange spielen die Wurzelfasern die Hauptrolle. Das Quantum Erde, welches an einer Leguminosenwurzel anhaftet, wurde von mir sofort gewogen und ich fand ein Gewicht von 1,3 g Erde; dies ist bei dem Sandboden der Fall gewesen, wo nur solche Bodenpartikelchen anhaften bleiben können, welche innig mit den einzelnen Wurzelhaaren verwachsen sind. Ich will damit sagen, daß die Wurzelhaare in einem bündigen Boden viel mehr leisten können, als hier in dem Sandboden. In dem kompakten Boden bleiben nicht nur die einzelnen Bodenpartikelchen, welche mit den Wurzelhaaren verwachsen sind, an ihnen hängen, sondern eine Menge Erde, welche von der Feuchtigkeit direkt zusammengehalten wird, wird von den Wurzelhaaren getragen. Man kann leicht beim Herausnehmen einer Pflanze aus dem Boden sehen,

daß Erdklümpchen selbst an den zartesten Nebenwurzeln hängen und auch beim Abschütteln der Pflanze nicht leicht abfallen.

Die Wurzeln gehen, sagt Professor Werner*), mit ihren Haaren an die Bodenpartikelchen heran und nehmen die von diesen absorbirten Nährstoffmassen auf. Es ist die Feuchtigkeit, die einen gewissen Wachsthumsreiz auf die Enden der Wurzeln ausübt, und würde dies nicht der Fall sein, dann würde die Pflanze bei einiger Trockenheit in der Ackerkrume eingehen. Also das Tieferwachsen einzelner Wurzeln ist durchaus nothwendig, um die Pflanzen mit Wasser zu versorgen.

Die Bewurzelung sämmtlicher bei meinen Versuchen in den Thonröhren befindlichen Pflanzen zeigte sich kräftig. Die von jeder einzelnen Pflanze ausgehende Hauptwurzel wuchs senkrecht nach abwärts. Die zahlreich gebildeten Nebenwurzeln wuchsen nach allen Richtungen hin, wie dies stets in der Natur zu beobachten ist.

„Bei den Pfahl- oder Tiefwurzlern", sagt Professor Werner, „wo wir eine verhältnißmäßig starke Wurzel sich bilden sehen, welche senkrecht in den Boden tritt und später in stärkeren Windungen in den Untergrund dringt, treten erst in den tieferen Schichten der Ackerkrume oder erst in dem Untergrunde stärkere Nebenwurzeln an dieser Pfahlwurzel auf.

Hier wird vorzugsweise der Untergrund ausgenutzt, während bei den Flachwurzlern sich die Tendenz zeigt, in den oberen Schichten des Bodens durch die Verbreitung des Wurzelsystems die Ackerkrume auszunutzen. Ich habe aber beobachten können, daß die Zahl der Nebenwurzeln sich nach dem Untergrunde zu verringert. Die zahlreichsten Nebenwurzeln waren stets in der Ackerkrume vorhanden. In den Röhren mit Lehmboden fand ich Hauptwurzeln in einer Tiefe von 80 cm mit wenig Nebenwurzeln. In dem Sandboden mit Leguminosen (Wicke) war das ganze Thonrohr durchwachsen, auch in diesem Boden waren die Nebenwurzeln im Untergrunde nicht so zahlreich vorhanden, als in der Ackerkrume, aber immerhin zahlreich genug, um etwaige im Untergrunde vorhandene für die Pflanzen nöthigen Nährstoffe aufnehmen zu können oder die Feuchtigkeitsverhältnisse der Pflanze im Gleichgewicht zu halten.

Im Lehmboden in einer Tiefe von 80 cm gefundene Wurzeln gehörten theilweise einer solchen Pflanze an, die spärlich gewachsen war, aber die Wurzelentwickelung war vollständig gut. Die im Freien in Bezug auf die Wurzelverbreitung gemachten Untersuchungen ergaben übereinstimmende Resultate mit dem, was ich bei den in Thonröhren gezogenen Kulturpflanzen beobachten konnte.

Bei dem Lein fand ich sehr zahlreiche Wurzelverzweigungen vor. Die Wurzeln erreichten eine Tiefe von 45 cm Die Neigung bei den Leinpflanzen, horizontale Wurzeln in den Boden zu senden, war deutlich zu sehen.

In den Versuchsreihen mit niedrigen Töpfen konnte ich bei der Ernte in den sämmtlichen Töpfen beobachten, daß der Boden durch ein dichtes Netz von Wurzeln eingeschlossen war. Die aus dem Topfe herausgenommene Erde hatte die Form des Topfes und zerfiel nach nicht, wenn man sie begoß.

In den Töpfen mit Würmern war in der Regel eine verhältnißmäßig reichere Wurzel-

*) Mittheilungen des Klubs der Landwirthe in Berlin, Jahrg. 1892.

entwickelung der Pflanzen zu beobachten. Die Seitenwurzelentwickelung bei der Runkelrübe war dagegen in dem Topfe ohne Würmer viel bedeutender als in dem Topfe mit Würmern, ein Beweis, wie schon erwähnt, daß die Pflanzen auch ohne Hülfe der Würmer zahlreiche Wurzelverzweigungen haben können.

Bei der Ernte der Leguminosen untersuchte ich die Wurzelverhältnisse bei den in sämmtlichen Thonröhren befindlichen Pflanzen und fand bei der Wicke eine erwähnenswerthe Erscheinung. Die Wurzelknöllchen bei der Wicke waren bei den Versuchsgefäßen mit Würmern in auffallend zahlreicherer Weise gebildet, als in dem andren Versuchsgefäß, wo Würmer nicht vorhanden waren, wie ich durch Zählungen feststellte. Ich schreibe diesen Umstand der mechanischen Thätigkeit der Würmer zu, indem nämlich durch die erhöhte Durchlüftung des Bodens und damit verbundener Sauerstoffzufuhr den Pflanzen Gelegenheit geboten war, mehr Knöllchen auszubilden als sonst. Dieses Verhältniß bei den Leguminosen ist außerordentlich wichtig, da die Pflanzen, welche Knöllchen anlegen, als Boden bereichernde Pflanzen kultivirt werden. Auf solchem Boden, wo viel Würmer vorhanden sind, kann man darauf rechnen, daß vielmehr Knöllchen gebildet werden, folglich eine stärkere Bereicherung des Bodens an Stickstoff durch die Thätigkeit der Würmer stattfindet, als auf solchem Boden, wo wenig oder keine Würmer vorhanden sind.

Bei manchen anderen Pflanzen scheint diese von den Würmern bewirkte Durchlüftung in gewisser Weise nachtheilig wirken zu können. Ich habe bei der Kartoffelernte beobachten können, daß sämmtliche Knollen in den Gefäßen mit Regenwürmern mit Rhizoctonia solani *Kühn* befallen waren. In dem Topfe ohne Würmer war keine Spur von der genannten Krankheit vorhanden. Diese Krankheit ist zwar nicht so gefährlich für die Kartoffel selbst; es ist aber sicher, daß die Würmer in diesem Falle befördernd gewirkt haben. Diese Eigenthümlichkeit bleibt noch durch geeignete Versuche festzustellen, ob die Würmer unter Umständen als ein krankheitsfördernder Faktor angesehen werden können. Es wäre durch Versuche zu ermitteln, ob die Würmer die bei den Kulturpflanzen vorkommenden Krankheiten befördern können und zwar bei welchen Pflanzenarten und bei welchen Krankheitserscheinungen?

Eigenthümlich ist, wie sich die Würmer gegenüber der Wurzel verhalten. — Kommt nämlich eine Wurzel in ein Wurmrohr, in welchem der Wurm lagert, so ist dieses Rohr für den Wurm untauglich geworden, nicht deshalb weil die Wurzel den Weg nach der Oberfläche des Bodens zu schließt, sondern einfach, weil der Wurm das Fortwachsen der Wurzel zu stören meidet. Es ist offenbar, daß, wenn der Wurm in dasselbe Rohr, in das eine Wurzel hineingewachsen ist, nach der Oberfläche des Bodens kriechen würde, um Nahrung zu suchen oder um Exkremente auszuscheiden, dann die Beschädigung der Wurzel durch die Bewegungen des Wurmes sicher wäre. Die zarten Wurzelhaare, welche als Saugorgane der Wurzel dienen, würden gedrückt und zerstört werden, was aber von Würmern entschieden vermieden wird. Ich habe bei zahlreichen Untersuchungen feststellen können, daß solche Röhren, in denen sich bereits ein oder mehrere Wurzeln befanden, nicht wieder von Würmern benutzt wurden. Sobald eine Wurzel in das Rohr gewachsen ist, und von dem Wurm wahrgenommen wird, dann gräbt er sein Rohr weiter und sucht sich einen andern freien Weg. Dieses Verhalten der Würmer hat einen doppelten Vortheil; erstens werden die Wurzeln in ihrem Wachsthume

nicht gestört, und zweitens werden die Würmer gezwungen ihre Gänge zu vermehren und dadurch um so intensiver die Durchlüftung des Bodens zu fördern.

Es ist kaum anzunehmen, wie es früher behauptet wurde, daß die Wurzeln von Würmern in die Röhren gezogen werden. Ich sehe nicht ein, weshalb für die Wurzel die Nöthigung vorliegen sollte, nach unten gezogen zu werden, da sie doch mit Leichtigkeit hinabwachsen kann. Wenn dies der Fall wäre, so würde das Verhalten der Würmer für die Pflanzen entschieden nachtheilig sein; dann wäre eine Verletzung der Wurzelhaare, ja der Wurzel selbstunvermeidlich.

Zum Schluß will ich noch bemerken, daß bei meinen Versuchen ebenso auffallende Resultate bei der Ernte erzielt worden sind, als wie bei Wollny; daraus geht hervor, daß in der Regel die Würmer im Stande sind, den Pflanzenertrag zu erhöhen, wie dies unstreitig, sowohl durch Versuche von Wollny, wie durch die meinigen, als zur Genüge bewiesen erachtet werden kann.

In Bezug auf die am Schlusse folgenden Tabellen sind noch die besonderen Verhältnisse mit wenigen Worten zu besprechen. Wie schon oben erwähnt, fand ich bei der Ernte der Pflanzen, daß die Zahl der zurückgebliebenen Würmer sehr schwankend war. In den Töpfen, wo die Würmer am meisten zu Grunde gegangen waren, war jedoch ein besonderer Unterschied während des Wachsthums nicht zu bemerken gewesen, und wenn ein solcher vorhanden war, so war er so gering, daß er unmöglich festgestellt werden konnte. Es ist jedoch zweifellos, daß die gestorbenen Würmer den Pflanzen zu Gute gekommen sind, denn sie liefern zum Aufbau der Pflanzen nützliche Nährstoffe, unter anderem besonders Stickstoff. Nach der Analyse enthielten die Würmer 5,1 % N. Derselbe gelangt bei der Zersetzung sehr leicht in aufnehmbare Form, wie bei den meisten stickstoffhaltigen thierischen Stoffen. Was die Zahlen in den Tabellen anbetrifft, so bestätigen dieselben im Allgemeinen die Versuche Wollny's, aber im Speziellen sind sie in manchen Fällen abweichend. Da Wollny für seine Versuche kleinere Töpfe oder Holzkästen gebraucht hat, so glaube ich annehmen zu dürfen, daß man in solchen Fällen andere Resultate erzielt als in größeren Gefäßen, wie ich sie benutzte. Keine der Versuche mit Regenwürmern, mit Ausnahme derjenigen mit dem schwereren Lehmboden schlugen fehl; die mit Regenwürmern erzielten Resultate sind sonst alle höher als die ohne Würmer. Daraus ist zu ersehen, wie oben angeführt, daß die Würmer zweifellos zur Ertragserhöhung der Pflanzen beigetragen haben. Wenn wir die Tabellen mit den Wollny'schen vergleichen, so finden wir z. B. dieselben auffallenden Unterschiede an Körner- und Knollenertrag. Bei meinen Versuchen mit Raps ergab sich, daß die Rapspflanzen mit Würmern an Körnern eine Anzahl von 1433 und die ohne Würmer nur von 383 produzirt hatten. Bei der Wicke waren die entsprechenden Zahlen 507 mit Würmer, 173 ohne Würmer. Bei Wollny ergab sich dagegen bei der Wicke 112 mit Würmer, 24 ohne Würmer. In meinen Versuchen betrug die Kartoffelernte 20 Knollen mit Würmern, 16 ohne Würmer. Der Kartoffelversuch bei Wollny ist ziemlich ebenso ausgefallen wie der meinige. Wollny erhielt in den Holzkästen mit Würmern 36, in denen ohne Würmer 29 Knollen. Das Gewicht der Knollen betrug mit Würmern 730 g, ohne Würmer 560. Bei meinen Versuchen dagegen betrug das Gewicht der Knollen mit Würmern 348 g und ohne Würmer 240 g. Der Unterschied ist also im

Verhältniß derselbe. Bei der Rübe betrug das Gewicht mit Würmern 479 g, ohne Würmer 242 g. Bei Wollny 370 g mit Würmern, ohne Würmer 250 g. Die erzielten Resultate bestätigen im Großen und Ganzen vollkommen die Angaben Wollny's über den Einfluß der Würmer auf das Wachsthum der Pflanzen.

Als Grund für diese günstige Einwirkung auf dasselbe sehe ich neben der geringen düngenden Wirkung der abgestorbenen Würmer hauptsächlich, wie schon oben eingehend erörtert, den Einfluß der lebenden Würmer auf die physikalische Beschaffenheit des Bodens an.

Tabelle I.

Versuchs-Reihe A. Zahl der Würmer 50. Thonröhren von 1 m Tiefe und 20 cm Durchmesser.

Nr. des Versuches	Pflanze	Zahl der Pflanzen	Versuchs-Anordnung	Ernte			Mehrproduktion durch die Würmer			
				Körner-Zahl	Körner-Gewicht gr	Hülsen, Schoten, Zahl	Körner %	Körner-Gewicht %	Hülsen, Schoten %	
1.	Lein	15	mit Würmern	480	2,18	92	187	202,7	87	sandiger Lehmboden
I.	Lein	15	ohne Würmer	167	0,72	49				
2.	Raps	6	mit Würmern	1443	1,4	227	276	180,0	26	sandiger Lehmboden
II.	Raps	6	ohne Würmer	383	0,5	179				
3.	Peluschke	7	mit Würmern	507	13,3	156	193	155,7	129	sandiger Lehmboden
III.	Peluschke	7	ohne Würmer	173	5,2	68				
4.	Lein	15	mit Würmern	—	—	--				Lehmboden
IV.	Lein	15	ohne Würmer	230	2,2	80				
5.	Raps	6	mit Würmern	—	—	—				Lehmboden
V.	Raps	6	ohne Würmer	97	—	28				
6.	Peluschke	7	mit Würmern	531	13,7	146	238	280,5	175	Lehmboden
VI.	Peluschke	7	ohne Würmer	157	3,6	53				
7.	Lein	15	mit Würmern	534	2,23	104	159	168,6	147	lehmiger Sandboden
VII.	Lein	15	ohne Würmer	206	0,83	42				
8.	Raps	6	mit Würmern	766	1,15	187	447	858,3	183	lehmiger Sandboden
VIII.	Raps	6	ohne Würmer	140	0,12	66				
9.	Peluschke	7	mit Würmern	458	9,5	133	244	82,6	189	lehmiger Sandboden
IX.	Peluschke	7	ohne Würmer	133	5,2	46				

Tabelle II.

Versuchs-Reihe B. Zahl der Würmer 50. Thongefäße von 20 cm Tiefe und 25 cm Durchmesser.

Nr. des Versuches	Pflanze	Zahl d. Pflanzen	Versuchs-Anordnung	Ernte: Körner-Knollen-Zahl	Ernte: Körner-Knollen-Gewicht g	Ernte: Blätter-Gewicht Hülsen-Zahl	Mehrproduktion durch die Würmer: Körner-Knollen %	Mehrproduktion durch die Würmer: Körner-Knollen-Gewicht %	Mehrproduktion durch die Würmer: Blätter-Hülsen %	
1.	Kartoffel	1	mit Würmern	20	348	—	25	45		lehmiger Sandboden
I.	Kartoffel	1	ohne Würmer	16	240	—				
2.	Rübe	1	mit Würmern	1	279	94,5	97	88,2		sandiger Lehmboden
II.	Rübe	1	ohne Würmer	1	242	50,2				
3.	Futterwicke	8	mit Würmern	455	13,5	91	66	64,6	18	sandiger Lehmboden
III.	Futterwicke	8	ohne Würmer	274	8,2	77				

Die vorstehende Inauguraldissertation erscheint unter Vervollständigung durch 3 Lichtdrucktafeln in dem XIII. Hefte der von Julius Kühn herausgegebenen „Berichten aus dem physiologischen Laboratorium und der Versuchsanstalt des landwirthschaftlichen Instituts der Universität Halle, Dresden, G. Schönfeld's Verlagsbuchhandlung 1896."

Druck von Johannes Päßler, Dresden, gr. Klosterg. 5.

VITA.

Ego, *Méhmed Djémil* (Turcus) natus sum Constantinopoli d. I. mensis septembris a. p. Chr. n. MDCCCLXXII (1872) — patre M. Azmi, matre Fatme e gente Ikbal. Fidem confiteor mahomedanicam. Postquam per octo annos Lyceum Imperiale Perae frequentavi, maturitatis testimonium adeptus sum (Bâchelier es — Lettres es — Sciences) Mense Martio anni MDCCCXCI (1891) auctoritate Sultani, ut rebus quae ad agriculturam pertinent, studerem in Germaniam missus sum. Halis saxonum superavi examen œconomicum. Civium numero universitatis Fridricianæ Halensis cum Vitebergensi consociatae adscriptus per octo semestria agriculturæ studui.

Docuerunt me viri clarissimi: *Conrad, Dorn, Diehl, B. Erdmann, de Fritsch, Grenacher, Haym, Kraus, Kühn, Maercker, Pütz, Volhard.* Omnibus illis viris optime de studiis meis meritis gratias et nunc ago et semper habebo quam maximas, inprimis *Julio Kühn* qui, ut hanc dissertationem scriberem summa me adiuvit benevolentia atque benignitate. Neque minus gratias ago viris illustribus *Baumert, Holdefleiss, Lenz* qui, in studiis meis semper consilium auxiliumque benigne mihi præbuerunt.